

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. November 2001 (15.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/86334 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G02B 6/28,
6/42, 6/14

MESSTECHNIK GMBH [DE/DE]; Neumarkter Str. 83,
81673 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/05037

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Mai 2001 (04.05.2001)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOHNS, Peter
[DE/DE]; Honnefer Strasse 14, 53179 Bonn (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: JACOBY, Georg usw.; Samson & Partner,
Widenmayerstrasse 5, 80538 München (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 21 940.3 5. Mai 2000 (05.05.2000) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU,
CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): INSTRUMENT SYSTEMS OPTISCHE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR TRANSMITTING LIGHT OVER AN OPTICAL FIBER

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ÜBERTRAGEN VON LICHT ÜBER EINE LICHTLEITFASER



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for transmitting light over a fat fiber (1) between optical components (B1; B2) of an optical measuring device, which are provided at a launching end (C) and at an extraction end (R; K; O) of the fat fiber (1). Said measuring device comprises a guiding means for the curved rigid guidance of a first partial section (PQ; FGH; IJ; FL; LM; MN) of the fat fiber (1). If the radius of curvature of the curved guidance falls below a first limit, the light beam profile of the fat fiber (1) is homogenized by a mode mixing. In order to diminish the effect on the transmitted light caused by a permitted change in position of the fat fiber (1), a stiffening means, which is rigidly connected to the guiding means, is provided for rigidly guiding a second partial section (QR; JK; NO) of the fat fiber (1). Said second partial section connects to the first partial section (PQ; FGH; IJ; FL; LM; MN) and extends essentially up to the optical component (B2) located at the extraction end (R; K; O), whereby the entire length of the first and second partial section is at least provided with a length that renders the extraction end (R; K; O) of the fat fiber (1) mechanically stable.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Übertragen von Licht über eine Dickkern-Faser (1) zwischen an einem Einkoppel- (C) und einem Auskoppelende (R; K; O) der Dickkern-Faser (1) vorgesehenen optischen Bauteilen (B1; B2) einer optischen Meßvorrichtung, welche ein Führungsmittel zum gekrümmten Führen eines ersten Teilabschnitts (PQ; FGH; IJ; FL; MN) der Dickkern-Faser (1) umfaßt, wobei der Krümmungsradius der gekrümmten Führung einen ersten Grenzwert unterschreitet, ab dem das Lichtstrahlprofil von der Dickkern-Faser (1) durch eine Modenmischung homogenisiert wird. Zur Verminderung der durch eine zugelassene Lageveränderung der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/86334 A1



MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,
TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Dickkern-Faser (1) hervorgerufene Auswirkung auf das übertragene Licht ist ein mit dem Führungsmittel starr verbundenes Verstärkungsmittel zum starren Führen eines zweiten Teilabschnitts (QR; JK; NO) der Dickkern-Faser (1) vorgesehen, der sich an den ersten Teilabschnitt (PQ; FGH; II; FL; LM; MN) anschließt und im wesentlichen bis zum optischen Bauteil (B2) am Auskoppelende (R; K; O) verläuft, wobei die Gesamtlänge des ersten und des zweiten Teilabschnitts wenigstens so bemessen ist, daß das Auskoppelende (R; K; O) der Dickkern-Faser (1) mechanisch stabilisiert ist.

5

Vorrichtung und Verfahren zum Übertragen von Licht
über eine Lichtleitfaser

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Übertragen von Licht über eine Lichtleitfaser gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 20 bzw. 25.

15

Ein Anwendungsbeispiel betrifft die Messung photometrischer oder radiometrischer Größen, bei der das Licht zwischen der Einkoppeloptik (erstes optisches Bauteil) und einem geeigneten Meßgerät (zweites optisches Bauteil) über eine Glasfaser (Lichtwellenleiter bzw. Lichtleitfaser) übertragen wird. Die Übertragung über eine Glasfaser hat den Vorteil, daß die beiden optischen Bauteile (hier Einkoppeloptik und Meßgerät) räumlich getrennt sein können, insbesondere wenn eines der beiden optischen Bauteile (hier das Meßgerät) von seinen Ausmaßen sperrig ist und das andere optische Bauteil (hier die Einkoppeloptik) eine kompakte Baueinheit darstellt. Diese räumliche Trennung hat ferner einen Vorteil, wenn orts aufgelöste Messungen durchgeführt werden sollen (wenn die Einkoppeloptik bewegt werden soll). Außerdem kann bei einer räumlichen Trennung insbesondere bei industriellen Anwendungen das oftmals sehr empfindliche Meßgerät vorteilhaft von dem zu vermessenden Prozeß abgeschirmt werden.

Es besteht zwar auch die Möglichkeit, bei einer räumlichen Trennung der beiden optischen Bauteile voneinander, das von dem einen optischen Bauteil gesammelte Licht als freien Strahl in das andere optische Bauteil (Meßgerät) zu leiten. Dies hat jedoch den grundsätzlichen Nachteil, daß aufgrund der geradlinigen Ausbreitung des freien Lichtstrahls aufwendige Spiegeloptiken als Strahlführung verwendet werden müssen. Außerdem treten noch zusätzlich Schwierigkeiten auf, wenn beispielsweise die Einkoppeloptik bewegt werden muß, beispielsweise zum Abrastern einer zu vermessenden Displayfläche bei orts aufgelösten Leuchtdichteuntersuchungen.

Daher bietet sich die Übertragung des Lichtstrahls über Glasfaser an. Zum Schutz der Glasfasern sind diese vor den in industriellen Anwendungen vorliegenden rauen Umgebungsbedingungen gewöhnlich lose in trittssicheren Schutzschläuchen geführt. Der wesentliche Vorteil der Verwendung von Glasfasern ist ihre (gewöhnlich aufgrund der Materialeigenschaften des verwendeten Glasfasermaterials eingeschränkten) Flexibilität. Sie erlaubt grundsätzlich die einfache Übertragung des Meßlichtes von z.B. einer bewegten Einkoppeloptik zu einem stationären Meßgerät.

Die Übertragung des Lichtes zwischen zwei optischen Bauteilen mittels einer Glasfaser weist jedoch den schwerwiegenden Nachteil auf, daß die Transmission des Lichtes durch die Glasfaser sowie die räumliche Verteilung und die Winkelverteilung des Lichtes an der Austrittsseite von der Lage (bzw. dem Verlauf) der Glasfaser abhängt. So ist beispielsweise eine einmal erfolgte Kalibrierung des Gesamtsystems nur solange gültig, wie die Glasfaser nicht bewegt wird. In der oben angesprochenen Displayvermessung werden z.B. beim Bewegen der Glasfaser Änderungen in dem gemessenen Leuchtdichtewert in der Höhe von 20% beobachtet, auch

wenn das Display eine homogene (konstante) Leuchtdichteverteilung hat. Somit ist die Verwendung von Glasfasern insbesondere für die Übertragung eines gemessenen Lichtsignals von einem bewegten optischen Bauteil zu einem stationären optischen Bauteil mit großen störenden Auswirkungen auf das gemessene Lichtsignal verbunden.

Um die unerwünschte Auswirkung der Transmissionsänderung bei Lageänderungen der Glasfaser zu verringern, wurde vorgeschlagen, das Licht anstelle über eine einzelne Glasfaser über ein Faserbündel bestehend aus vielen (einigen Hundert) einzelnen Glasfasern zu übertragen, so daß sich die Transmissionsänderungen der einzelnen Glasfasern beim Bewegen des gesamten Bündels ausmitteln und so die Transmissionsänderung des gesamten Faserbündels reduziert wird (wobei gleichzeitig die flexible Lichtübertragung zwischen Einkopeloptik und optischem Meßgerät vorteilhaft erhalten bleibt). Der Nachteil dieser Lösung liegt (neben den deutlich höheren Kosten für das Faserbündel) in der wesentlich geringeren Gesamttransmission des Faserbündels im Vergleich zu Einzelfaser gleichen Durchmessers, da nur ein geringerer Anteil des Faserbündelquerschnitts zum Lichttransport beiträgt. Dies verlängert bei vielen optischen Meßanwendungen in nicht zu vertretender Weise die Meßzeit, wenn ein bestimmtes Signal/Rausch-Verhältnis angestrebt wird.

In der Literatur sind Verfahren für Multimode-Fasern mit sehr geringem Kerndurchmesser (kleiner als 100 Mikrometer) unter der Bezeichnung "microbending" bekannt. Hierbei wird längs der Faser ein örtlich variierender Querdruck auf die Faser ausgeübt, so daß die Faser über eine bestimmte Strecke mit Krümmungsradien von unter einem Zentimeter geführt wird. Zur Erzielung des Querdrucks sind kammartige Strukturen gebräuchlich, die über eine Stellschraube mit einstellbarem Druck gegen die Faser gedrückt werden. Es wurde auch

vorgeschlagen, die Faser über eine bestimmte Strecke durch einen Behälter mit Bleischrot zu führen, um so eine örtlich verteilte Querkraft auf die Faser auszuüben. Die Lösungsansätze zielen meist darauf ab, in der Nachrichtentechnik die während der Übertragung eines einzelnen Pulses sich ausbildenden Moden so am Faseraustrittsende zu überlagern, daß die Moden nicht als zeitlich getrennte Pulse austreten (die ja als unterschiedliche Pulse detektiert werden könnten), sondern einen einzelnen zeitlich verbreiterten Puls bilden.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß in der Nachrichtentechnik durch "Wackeln" der Lichtleitfaser auftretende niederfrequente Effekte (das "Wackeln" spielt sich maximal im Millisekundenbereich ab) bei Pulsfrequenzen im Gigahertz-Bereich keine Rolle spielen, da diese niederfrequenten Effekte ohnehin anschließend ausgefiltert werden.

Es ist ferner bekannt, beispielsweise auf dem Gebiet der optischen Meßtechnik sogenannte Dickkern-Fasern als Lichtleitfaser einzusetzen, um gegenüber beispielsweise bei der Nachrichtenübertragung eingesetzten Singlemode-Fasern eine ausreichende Lichtmenge zwischen den beiden optischen Bauteilen (insbesondere einer Einkoppeloptik und einem optischen Meßgerät) übertragen zu können. Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß ein Nachteil der Dickkern-Fasern eine geringere Biegefähigkeit aufgrund ihres größeren Durchmessers ist.

Aus der gattungsgemäßen US 5,408,551 und der FR 247 8828 ist bekannt, daß das gekrümmte starre Führen einer Lichtleitfaser (in der US-Druckschrift ein Glasfaserstab und in der FR-Druckschrift eine Glasfaser) eine Modenmischung hervorruft, was zu einer Homogenisierung des Lichtstrahlprofils führt, wenn die Krümmung entsprechend dimensioniert ist.

Aus der US-4,669,467 ist ein Katheter bekannt, in dem ein Faserbündel innerhalb des Katheters von einer Laserlicht-Einkoppelseite bis zum distalen Ende des Katheters geführt ist, um mit dem durch das Faserbündel übertragenen Laserlicht beispielsweise Plaques in verstopften Arterien abzutragen. An der Laserlicht-Einkoppelseite ist ein Modenmischer vorgesehen, welcher die Modenmischung über das oben genannte "micro-bending"-Verfahren durchführt, damit eine maximale Lichtfleckgröße des aus jeder Einzelfaser austretenden Laserstrahls am distalen Ende des Faserbündels erzielt wird.

In der Praxis werden jedoch trotz der vorteilhaften eingesetzten Modenmischung weiterhin Transmissionsänderungen abhängig von Lageänderungen der Lichtleitfaser beobachtet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer herkömmlichen Übertragung des Lichts mittels einer Lichtleitfaser zwischen zwei optischen Bauteilen einer optischen Meßvorrichtung die durch eine zugelassene Lageveränderung der Lichtleitfaser hervorgerufene Auswirkung auf das übertragene Licht (insbesondere auf den Meßwert) weiter zu vermindern.

Die Erfindung löst diese Aufgabe jeweils mit den Gegenständen der Ansprüche 1, 20 und 25. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung ist hiernach die Lichtleitfaser eine Dickkern-Faser. Ferner ist ein mit dem Führungsmittel starr verbundenes Versteifungsmittel zum starren Führen eines zweiten Teilabschnitts der Dickkern-Faser vorgesehen, der sich an den ersten Teilabschnitt an-

schließt und im wesentlichen bis zum optischen Bauteil an der Auskoppelseite verläuft, wobei die Länge des ersten und des zweiten Teilabschnitts wenigstens so bemessen ist, daß das Auskoppelende der Dickkern-Faser mechanisch stabilisiert ist. Bei einem gattungsgemäßen Verfahren wird das Licht über eine Dickkern-Faser übertragen. Ferner wird das Licht vom ersten Teilabschnitt bis im wesentlichen zum Auskoppelende der Dickkern-Faser durch einen zweiten starr geführten Teilabschnitt der Dickkern-Faser übertragen, wobei die Gesamtlänge vom ersten und zweiten Teilabschnitt wenigstens so bemessen ist, daß das Auskoppelende der Dickkern-Faser mechanisch stabilisiert ist.

Der Vorteil der Erfindung liegt darin, daß Änderungen der Fasertransmission aufgrund von Lageänderungen der Dickkern-Faser bei vergleichsweise kompakter Bauweise der Vorrichtung folgendermaßen wirksam unterdrückt werden: Mit der Einkopplung des Lichtes in Lichtleitfasern werden gewöhnlich nicht alle transversale Transmissionsmoden angeregt. Dies führt zu einem inhomogenen Strahlprofil am Auskoppelende der Lichtleitfaser, das sich zudem bei einer Bewegung der Lichtleitfaser noch ändern kann. Ein inhomogenes Strahlprofil führt aber insbesondere bei solchen optischen Meßgeräten zu Meßfehlern, die aufgrund ihrer Funktion einen Teil des Strahlprofils abblenden müssen (z.B. ein Gitterspektrometer mit seinem spezifischen Eintrittsspalt). Um hier Abhilfe zu schaffen, ist der Modenmischer (der gekrümmte starre Teilabschnitt) eingefügt worden, dessen Krümmung einen ersten Grenzwert unterschreitet. Dieser Grenzwert für die Faserkrümmung hängt selbstverständlich von dem verwendeten Material, dem Durchmesser und der Länge der Dickkern-Faser, dem Gesamtaufbau der optischen Anordnung (insbesondere der Einkopplung des Lichtstrahls in die Dickkern-Faser) sowie dem geforderten Grad der Modenmischung bzw. Homogenisierung ab. Da sich die Homogenisierung

des Lichtbündels jedoch leicht messen läßt, läßt sich der Grenzwert abhängig von den erwähnten Parametern (d.h. dem konkreten Meßaufbau) experimentell leicht bestimmen und die gekrümmte Führung entsprechend dimensionieren.

5

Zu diesem Grenzwert wird hinsichtlich der erfindungsgemäßen Verwendung von Dickkern-Fasern als Lichtleitfaser noch folgendes angemerkt: Zwar ist in vielen Prospekten mit Verwendungshinweisen der Dickkern-Fasern angegeben, daß der minimale Krümmungsradius den 300fachen Faserdurchmesser nicht unterschreiten soll. Dies bedeutet beispielsweise bei einer
10 Dickkern-Faser mit einem Faserdurchmesser von 600 Mikrometern einen minimalen Biegeradius von 18 cm, was für das Modenmischen (siehe nachstehend) nicht ausreicht. Es ist jedoch festgestellt worden, daß mit diesen Dickkern-Fasern
15 deutlich geringere Krümmungsradien erzielt werden können. Die Einschränkung der Faserhersteller scheint darauf zu beruhen, daß sie Dickkern-Fasern hauptsächlich für die Übertragung von hohen Lichtleistungen in der Materialbearbeitung fertigen. Bei kleinen Biegeradien tritt ein Teil des
20 Lichtes aus der Faser aus, ein weiterer Teil wird in Mantelmoden (siehe unten) umgewandelt. Beides hat bei hohen Lichtleistungen die Zerstörung der Faser durch erhöhte Lichtabsorption in der Faser zur Folge. In der Meßtechnik
25 sind die übertragenen Lichtleistungen jedoch geringer, so daß die Fasern selbst bei so geringen Krümmungsradien nicht zerstört werden können.

Es sei ferner bemerkt, daß bei weitestgehender Mischung der
30 Moden (d.h. Anregung nahezu aller transversaler Moden) auch der Austrittswinkel des Lichtes aus der Dickkern-Faser den konstanten Wert für die numerische Apertur annimmt, so daß sich Lageänderungen der Dickkern-Faser somit nicht mehr auf den Austrittswinkel auswirken bzw. vernachlässigbar sind.
35 Dies ist für die Konstanz des Meßsignals z.B. bei Verwen-

dung eines Spektrometers wünschenswert. Auch der Austrittswinkel und die Intensitätsverteilung des die Dickkern-Faser verlassenden Lichtes lassen sich leicht messen, indem beispielsweise das aus der Dickkern-Faser austretende Licht auf eine senkrecht zur Faser ausgerichtete Fläche gestrahlt wird und die Form des dort projizierten Lichtflecks untersucht wird. Damit läßt sich der erste Grenzwert beispielsweise durch eine Untersuchung des Krümmungswinkels bestimmen, bei dem die Größe des projizierten Lichtflecks ein Maximum annimmt. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, daß auch alle Moden angeregt sind. Es kann in diesem Fall jedoch davon ausgegangen werden, daß auch eine weitestgehende Homogenisierung des Lichtstrahlprofils vorliegt.

Weiterhin ist erkannt worden, daß durch eine in der Praxis kaum zu verhindernde unpräzise Einkopplung des zu übertragenden Lichtes in die Dickkern-Faser sogenannte Mantelmoden angeregt werden, die nicht im Faserkern, sondern im Fasermantel laufen. Je nach Lage der Dickkern-Faser werden diese Mantelmoden unterschiedlich stark gedämpft, so daß die gesamte Fasertransmission von der Lage der Dickkern-Faser abhängt. Die Änderung der Fasertransmission wird dabei maßgeblich von der unterschiedlichen Dämpfung der Mantelmoden beeinflusst, so daß eine Unterdrückung der Mantelmoden einer Änderung der Fasertransmission aufgrund einer Lageänderung der Dickkern-Faser vorteilhaft entgegenwirken kann. Grundsätzlich werden diese Mantelmoden ebenfalls an gekrümmten Stellen (im Modenmischer) der Dickkern-Faser komplett abgeschält, wobei der zum Abschälen erforderliche Krümmungswinkel in der Regel schwächer als der zum Modenmischen erforderliche Krümmungswinkel (erster Grenzwert) ist. Dabei ist weiterhin erkannt worden, daß an diesen gekrümmten Stellen der Dickkern-Faser jedoch wieder neue Mantelmoden angeregt werden, da einige Lichtstrahlen nun unter einem steileren Winkel vom Faserkern auf den Fasermantel treffen und somit

den Winkel für Totalreflexion an der Kern/Mantel-Grenzfläche überschreiten. Diese erneut angeregten Mantelmoden werden nunmehr weiter über die Dickkern-Faser übertragen. Wenn der Rest der Dickkern-Faser vom Modenmischer
5 bis zum Auskoppelende weiterhin flexibel geführt ist, dann können Lageänderungen der Faser in diesem Bereich zu einer unterschiedlichen Dämpfung der im Modenmischer neu entstandenen Mantelmoden und damit zu einer unerwünschten Transmissionsänderung führen. Die Erfindung hat hier Abhilfe geschaffen, indem sie den verbleibenden Teil der Dickkern-Faser vom Modenmischer bis zum Auskoppelende starr in einem Versteifungsmittel führt. Dabei ist die gesamte starre Führung der Dickkern-Faser im Führungsmittel und im Versteifungsmittel wenigstens so in der Länge bemessen, daß Änderungen der Dickkern-Faserlage vor dem Modenmischer keine
10 Lageänderungen der Faser mehr nach dem Modenmischer hervorrufen. Wenn das Führungsmittel allein beispielsweise die Dickkern-Faser über eine solche Länge führt, daß solche Lageänderungen der Faser am Auskoppelende ausgeschlossen sind, dann kann das Versteifungsmittel in seiner Länge bis
15 auf Null reduziert werden, sofern der Modenmischer also direkt am Auskoppelende angeordnet ist (vgl. auch unabhängiger Anspruch 25). Ferner kann bei einer genügend starren Dickkern-Faser auch noch ein kurzes Faserende ungeführt aus dem Versteifungsmittel herausragen und bis zum Auskoppelende verlaufen, solange Lageänderungen dieses Faserendes aufgrund dessen Starrheit angeschlossen werden können bzw. so gering sind, daß die damit verbundenen Änderungen der Fasertransmission in Kauf genommen werden.

30

Die Gesamtlänge des ersten und des zweiten Teilabschnitts kann leicht experimentell bestimmt werden, indem untersucht wird, ab welcher Länge das Auskoppelende der Dickkern-Faser trotz starken Bewegens der Dickkern-Faser vor dem Modenmischer still ruht.
35

Bezüglich des Führungsmittels wird ferner angemerkt, daß die geführte Länge des gekrümmten Teilabschnitts der Dickkern-Faser bevorzugt einen bestimmten Wert überschreiten
5 sollte. Auch dieser Wert läßt sich leicht experimentell bestimmen, indem nämlich untersucht wird, ab welcher Länge die erwünschten Effekte eintreten. Es hat sich jedoch gezeigt, daß bei geeigneter Krümmung die maßgebliche Größe der Krümmungswinkel ist und die Länge der starren gekrümm-
10 ten Führung nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Bevorzugt ist ein Verbindungsmittel an der Schnittstelle zwischen der Dickkern-Faser und dem optischen Bauteil am Einkoppel- und/oder Auskoppelende zum lösbaren Verbinden
15 der Dickkern-Fasern mit dem jeweiligen optischen Bauteil vorgesehen. Damit können vorteilhaft mittels eines einfachen Steckersystems als Verbindungsmittel unterschiedliche optische Bauteile über die Dickkern-Faser miteinander gekoppelt werden. So können beispielsweise unterschiedliche
20 Einkoppeloptiken abhängig von dem zu untersuchenden Prozeß an ein und dasselbe optische Meßgerät angeschlossen werden. Das Führungsmittel kann dabei - ohne das zusätzliche Versteifungsmittel - direkt starr mit dem Verbindungsmittel gekoppelt sein, solange die Gesamtlänge von Verbindungs-
25 und Führungsmittel ausreicht, das Auskoppelende der Dickkern-Faser ausreichend stabil zu fixieren (s.o.)

Bevorzugt ist ein weiteres Versteifungsmittel zum starren Führen eines dritten Teilabschnitts der Dickkern-Faser vor-
30 gesehen, der bis zum optischen Bauteil am Einkoppelende verläuft, wobei die Länge des dritten Teilabschnitts wenigstens so bemessen ist, daß das Einkoppelende der Dickkern-Faser stabilisiert ist. So ist weiterhin erkannt worden, daß insbesondere eine Bewegung (z.B. Verkipfung) der Stirn-
35 fläche der Dickkern-Faser relativ zu dem jeweiligen opti-

schen Bauteil starke Auswirkungen auf das übertragene (Meß-) Lichtsignal hervorruft. Dieses Problem tritt vor allem bei handelsüblichen Steckverbindungen auf (z.B. SMA-Stecker), welche die Dickkern-Faser im Prinzip nur punktuell fixieren. Solche Stecker haben in der Regel lediglich eine Steckerlänge von einem Zentimeter, wobei die Dickkern-Faser (mit einem Durchmesser von bis zu einem Millimeter) im Inneren des Steckers somit nur punktuell befestigt sind. Aufgrund des großen Faserdurchmessers und der damit verbundenen großen wirkenden Kräfte bei einer Bewegung der Dickkern-Faser führt diese punktuelle Fixierung der Dickkern-Faser zu Winkelbewegungen der Faserstirnfläche, auch wenn die Bewegung der Faser einige 10 Zentimeter von dem Verbindungsmittel erfolgt. Dieses Problem wird nunmehr vorteilhaft dadurch behoben, daß zusätzlich zu dem Verbindungsmittel noch ein weiteres Versteifungsmittel vorgesehen ist, welches die Dickkern-Faser an der Einkoppelseite über einen längeren Abschnitt fixiert, so daß sich Bewegungen der Dickkern-Faser nicht mehr auf die Faserstirnfläche übertragen können.

Wiederum hängt die Länge des dritten Teilabschnitts von dem Durchmesser und Material der Dickkern-Faser sowie dem Verbindungsmittel ab, was sich jedoch durch leicht durchführbare Experimente ermitteln läßt.

Sollte kein Verbindungsmittel an einer Schnittstelle zu einem optischen Bauteil vorgesehen sein, sondern die Dickkern-Faser unmittelbar aus diesem optischen Bauteil herausgeführt werden, so kann sich das jeweilige Versteifungsmittel selbstverständlich (beispielsweise mit dem Gehäuse dieses optischen Bauteils starr gekoppelt) unmittelbar an diese Schnittstelle anschließen.

Bevorzugt sind das Verbindungsmittel und das Versteifungsmittel als eine Baueinheit ausgebildet. Beispielsweise kann unmittelbar ein neues Verbindungsmittel konzipiert werden, welches das Versteifungsmittel bereits aufweist (z.B. kann
5 die Steckerlänge entsprechend der erforderlichen Länge für den zweiten bzw. dritten Teilabschnitt dimensioniert werden, und die Dickkern-Faser innerhalb des Steckers über dessen gesamte Länge fixiert werden). Vorteilhaft werden hierdurch Fertigungskosten eingespart und die spätere Hand-
10 habung vereinfacht, da vor Ort keine zwei Bauteile montiert werden müssen.

Bevorzugt ist das Führungsmittel derart ausgebildet, daß der Teilabschnitt der Dickkern-Faser entlang eines Kreisbogenabschnitts mit einem Krümmungswinkel im Bereich zwischen
15 45° und 90° starr geführt wird. Mit dieser vorteilhaft leicht fertigbaren Ausbildung des Führungsmittel können die gewünschten Effekte bereits erzielt werden. Selbstverständlich sind alle möglichen anderen Ausbildungen des Führungsmittels denkbar, solange die Krümmung entsprechend groß
20 ist.

Bevorzugt ist das Führungsmittel derart ausgebildet, daß die Dickkern-Faser innerhalb des Führungsmittels w-förmig
25 verläuft. Das Führungsmittel kann bevorzugt auch derart ausgebildet sein, daß der Verlauf der Dickkern-Faser innerhalb des Führungsmittels einen im wesentlichen anderthalbfachen Vollkreis vollführt. Besonders bevorzugt ist das letztere Führungsmittel ferner derart ausgebildet, daß der
30 Verlauf der Dickkern-Faser im Bereich des Eintritts und/oder des Austritts in den anderthalbfachen Vollkreis einen Wendepunkt umfaßt. Dabei kann sich an den jeweiligen Wendepunkt noch ein Kreisbogenabschnitt mit einem Krümmungswinkel zwischen 45° und 90° anschließen, dessen Krümmungsradius ebenfalls unter dem ersten Grenzwert liegt. Al-
35

ternativ ist das Führungsmittel derart ausgebildet, daß der Verlauf der Dickkern-Faser durch das Führungsmittel wenigstens einen Wendepunkt umfaßt. So erfolgt insbesondere durch Wendepunkte im Faserverlauf bzw. durch das Führen der
5 Dickkern-Faser gemäß der obigen Verläufe vorteilhaft die angestrebte Modenmischung zur Anregung einer großen Anzahl von geführten Moden. Dies führt, wie erwähnt, zu der erwünschten Homogenisierung des austretenden Strahlprofils.

10 Bevorzugt liegt der Krümmungsradius der gekrümmten Teilabschnitte im Bereich zwischen dem 100fachen und 30fachen Durchmesser der Dickkern-Faser. Mit diesem Krümmungsradius ist wiederum für die gängigsten Dickkern-Faser ein oberer Grenzwert angegeben, der unterschritten werden sollte, da-
15 mit die vorteilhafte Modenmischung und Mantelmodenunterdrückung eintreten kann. Der untere Grenzwert ergibt sich aus dem Bruchverhalten der Dickkern-Fasern. Bevorzugt ist dabei das Führungsmittel derart ausgebildet, daß die geführte, gekrümmte Länge des ersten Teilabschnitts der Dick-
20 kern-Faser im wesentlichen zwischen 10 cm und 100 cm liegt.

Bevorzugt können noch folgende Maßnahmen getroffen werden:

- aus der Gruppe bestehend aus den verschiedenen Ausbildungen des Führungsmittels und dem Versteifungsmittel
25 werden wenigstens zwei Mittel starr miteinander gekoppelt;
- die starr miteinander gekoppelten Führungsmittel bzw. Versteifungsmittel werden als eine Baueinheit ausgebildet;
- 30 - der Durchmesser der Dickkern-Faser wird größer als 500 Mikrometer gewählt;
- die Länge der Dickkern-Faser zwischen den beiden optischen Bauteilen liegt im wesentlichen im Bereich von 50 cm bis 10 m, insbesondere im Bereich von 1 m und 3
35 m;

- es wird ferner ein (trittsicherer) Schutzschlauch vorgesehen, in dem die Dickkern-Faser über ihren übrigen Teilabschnitt lose und flexibel geführt ist; und/oder
- das Führungsmittel und/oder das Versteifungsmittel werden als tiefgezogene Bleche und/oder gefräste Baueinheit ausgebildet.

Die Anmelderin behält sich vor, den Gegenstand betreffend das Versteifungsmittel auch unabhängig von dem Führungsmittel weiterzuverfolgen. Nach den obigen Ausführungen trägt das Versteifungsmittel auf seine Weise zu einer Verminderung der Meßwertänderung aufgrund von Lageänderungen der Dickkern-Faser bei. Daher kann der Durchschnittsfachmann ggf. auch dieses Versteifungsmittel allein als Kompensationsmaßnahme wählen, ohne das zusätzliche Führungsmittel.

Nachfolgend werden weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert, in der:

- Fig. 1 bis 3 schematische Darstellungen alternativer Ausbildungen des Führungsmittels und eines Versteifungsmittels an Teilabschnitten einer Dickkern-Faser zeigen; und
- Fig. 4 eine schematische Ansicht eines Verbindungsmittels zeigt, das mit einem Versteifungsmittel und der Dickkern-Faser gekoppelt ist.

In den Figuren 1 bis 3 bezeichnen das Bezugszeichen A ein zu untersuchendes Objekt (beispielsweise ein zu vermessendes Display), das Bezugszeichen B1 ein erstes optisches Bauteil (beispielsweise eine Einkoppeloptik B1), C bis R verschiedene Teilabschnitte einer Dickkern-Faser 1, die von dem Führungsmittel bzw. dem Versteifungsmittel auf unterschiedliche Weise geführt sind, und B2 ein zweites opti-

sches Bauteil (beispielsweise ein optisches Meßgerät) einer optischen Meßvorrichtung.

Die optische Meßvorrichtung kann beispielsweise für die
5 Spektroradiometrie (kalibrierte Analyse von Licht aus Strahlungsquellen, wie der Sonne, Leuchtmitteln, etc.), die Photometrie (Messung der für das menschliche Auge sichtbaren Strahlung), die Spektroskopie usw. vorgesehen sein, wobei es insbesondere darauf ankommt, auch absolute Lichthel-
10 ligkeitswerte zu messen. Bei solchen Messungen können Transmissionsänderungen oder Änderungen der Lichtverteilung an dem Faseraustrittsende der das Licht übertragenden Dickkern-Faser 1 das Meßergebnis stark verfälschen. Solche Messungen finden beispielsweise bei der Qualitätskontrolle von
15 LEDs statt, bei denen die optischen Eigenschaften der LEDs (Lichtstärke, Lichtfluß, dominante Wellenlänge und Farbort) gemessen werden. Ortsaufgelöste Messungen werden beispielsweise für die Qualitätskontrolle von gefertigten Displays benötigt, für welche die Luminanz-, Chrominanz- und Hellig-
20 keitswerte aus unterschiedlichen Blickwinkeln auf das Display und für unterschiedliche Displaybereiche vermessen werden müssen.

Für die Untersuchung folgender Lichtquellen (Objekt A) werden
25 den beispielsweise folgende Einkoppeloptiken (optisches Bauteil B1) verwendet und folgende Größen (Radiometrische bzw. Photometrische Einheit) gemessen: Tungsten-Halogenlampe - integrierende Kugel - Strahlungsleistung bzw. Lichtfluß; LED - LED-Adapter - Strahlstärke bzw. Lichtstärke;
30 Sonne - externe Lichtsonde - Bestrahlungsstärke bzw. Beleuchtungsstärke; Display - Teleskopkopf - Strahldichte bzw. Leuchtdichte. Als optisches Meßgerät B2 kann hierfür beispielsweise ein Spektrometer verwendet werden, wobei das Gesamtsystem (Einkoppeloptik, Dickkern-Faser und Spektrome-
35 ter) in der entsprechenden Einheit kalibriert sein muß.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für die Anordnung eines Versteifungsmittels in Kombination mit einem Führungsmittel gemäß einer ersten Ausbildung zum starren bzw. gekrümmten, starren Führen von Teilabschnitten einer Dickkern-Faser 1 im Faseraustrittsbereich sowie eines Versteifungsmittels zum starren Führen eines weiteren Teilabschnitts der Dickkern-Faser 1 im Fasereintrittsbereich. Das Licht wird von dem zu vermessenden Objekt bzw. Prozeß A über eine Einkoppeloptik B1 in die Dickkern-Faser 1 eingekoppelt. Die Dickkern-Faser 1 wird hierzu unmittelbar nach dem Ausgang der Einkoppeloptik B1 über eine bestimmte Länge zwischen den Punkten C und D von einem Versteifungsmittel (nicht näher dargestellt) starr aus der Einkoppeloptik B heraus geführt. Dieses Versteifungsmittel dient der Festlegung des Faserendes an der Einkoppelseite, damit bei Bewegungen der Dickkern-Faser 1 keine Kippbewegungen des Faserendes an der Einkoppelseite auftritt. Dieses Versteifungsmittel kann die Faser in beliebiger Geometrie führen (bevorzugt in einem 45°-Winkel, ggf. auch geradlinig), wobei seine Führungslänge so gewählt ist, daß die erwünschte Festlegung des Faserendes erzielt wird. Nach diesem Versteifungsmittel ist die Dickkern-Faser 1 beispielsweise lose in einem trittsicheren Führungsschlauch geführt (zwischen Punkten D und P).

An der Auskoppelseite R zu einem optischen Bauteil B2 ist ein Führungsmittel gemäß einer ersten Ausbildung zum gekrümmten Führen eines Teilabschnitts der Dickkern-Faser 1 zwischen Punkten P und Q vorgesehen, das mit einem Versteifungsmittel zum starren Führen eines weiteren Teilabschnitts der Dickkern-Faser 1 zwischen den Punkten Q und R (Auskoppelseite) starr gekoppelt ist.

Das Versteifungsmittel kann beispielsweise eine Länge von einigen Zentimetern (z.B. 10 cm) aufweisen, das Führungsmittel kann einen Kreisbogenabschnitt mit einem Krümmungswinkel zwischen 45° und 90° beschreiben (in dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der Krümmungswinkel 90°), was bei einem bevorzugten Krümmungsradius zwischen dem 100fachen und dem 30fachen des Faserdurchmessers einer geführten Länge innerhalb des Führungsmittels gemäß der ersten Ausbildung von bis zu 20 cm entspricht. Diese in Fig. 1 gezeigte erste Anordnung zeichnet sich somit durch eine besondere Kompaktheit aus. Die Gesamtlänge der Teilabschnitte P und R sowie Q und R ist so bemessen, daß die Dickkern-Faser 1 bei einer Lageänderung zwischen den Punkten D und P am Auskoppelende R festgelegt (stabilisiert) ist und dadurch in dem gekrümmten Teilabschnitt PQ erneut angeregte Mantelmoden immer mit konstanter Intensität bis zum Faserende R übertragen werden. In dem gekrümmten Teilabschnitt PQ findet - wie oben ausgeführt - eine Modenmischung statt und die bis zum Punkt P angeregten Mantelmoden werden unterdrückt. Durch die Modenmischung wird ferner ein konstanter Austrittswinkel des Lichtes aus der Dickkern-Faser mit dem Wert für die numerische Apertur sichergestellt. Das Versteifungsmittel am Auskoppelende R verhindert ferner Kippbewegungen der Faserstirnfläche an der Schnittstelle zwischen der Dickkern-Faser 1 und der Auskoppeloptik B1. Die in dem gekrümmten Teilabschnitt PQ zwangsläufig neu entstehenden Mantelmoden werden durch die starre Führung zwischen P und R nicht von Bewegungen der Faser beeinflusst, so daß sie einen konstanten und damit durch eine geeignete Kalibrierung berechenbaren Einfluß auf die Gesamttransmission der Faser haben.

An dieser Stelle sei angemerkt, daß das Führungsmittel selbstverständlich von seiner äußeren Form nicht dem geforderten gekrümmten Verlauf für die Dickkern-Faser entsprechen

chen muß. Beispielsweise kann das Führungsmittel ein längliches rechteckförmiges Gehäuse aufweisen, in dessen Inneren (ggf. punktförmige) Halterungen zum Halten der Dickkern-Faser derart vorgesehen sind, daß die Dickkern-Faser
5 im Inneren gerade den gewünschten gekrümmten Verlauf annimmt.

Alternativ können das Versteifungsmittel und das Führungsmittel gemäß der ersten Ausbildung als eine Baueinheit ausgebildet sein. Weiterhin kann an den Schnittstellen zwischen Ein- und/oder Auskoppeloptik B1 und B2 und der Dickkern-Faser 1 je ein Verbindungsmittel (z.B. ein SMA-Stecker) zum lösbaren Verbinden von Einkoppeloptik B1 bzw. B2 und Dickkern-Faser 1 vorgesehen sein. Die Kombination von
15 Verbindungsmittel und Versteifungsmittel wird nachstehend mit Bezug auf Fig. 4 näher erläutert.

Vom Punkt D bis zum Punkt F in der Nähe eines in Fig. 1 nicht dargestellten optischen Meßgeräts P verläuft die
20 Dickkern-Faser 1 lose und flexibel, ggf. geführt in einem trittsicheren Führungsschlauch.

Anstelle des Versteifungsmittels an der Auskoppelseite kann auch unmittelbar anschließend an die Schnittstelle zwischen
25 Dickkern-Faser 1 und Auskoppeloptik B2 ein Führungsmittel gemäß der ersten Ausbildung vorgesehen sein. Dieses Führungsmittel sollte so bemessen sein, das es die Dickkern-Faser 1 über eine bestimmte Länge gekrümmt führt, bei der gewährleistet ist, daß Kippbewegungen der Faserstirnfläche
30 an der Schnittstelle zwischen Auskoppeloptik B2 und Dickkern-Faser 1 effektiv unterdrückt werden. Die Dickkern-Faser 1 wird nämlich durch die Krümmung selbst gegen die Innenfläche dieses Führungsmittels gedrückt und dabei verklemmt. Andererseits sollte der Krümmungsradius der gekrümmten Führung der Dickkern-Faser 1 innerhalb dieses Füh-
35

5 rungsmittels entsprechend klein sein (kleiner als 10 cm für eine Dickkern-Faser 1 mit wenigstens 500 Mikrometer Kern-
durchmesser), damit die oben erwähnten Effekte vorteilhaft erzielt werden. Dieser geschilderte Aufbau entspricht dem
Fall, daß die vom Versteifungsmittel geführte Faserlänge
gegen Null geht, während die vom Führungsmittel starr und
gekrümmt geführte Länge so groß wird, daß der gewünschte
Festlegungseffekt des Faseraustrittsendes gewährleistet
ist.

10

Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel für die Anord-
nung eines Versteifungsmittels und eines Führungsmittels
gemäß einer zweiten Ausbildung zum gekrümmten, starren Füh-
ren wenigstens eines Teilabschnitts einer Dickkern-Faser 1
15 im Faseraustrittsbereich. Das Licht wird von einem in Fig.
2 nicht dargestellten optischen Bauteil (z.B. der in Fig. 1
gezeigten Einkoppeloptik B1 gemäß dem in Fig. 1 gezeigten
Verlauf der Dickkern-Faser 1) in die Dickkern-Faser 1 ein-
gespeist. Bis zum Punkt F verläuft die Dickkern-Faser 1
20 beispielsweise lose und flexibel geführt innerhalb eines
nicht explizit dargestellten, trittsicheren Führungsschlau-
ches. Zwischen den Punkten F bis I wird die Dickkern-Faser
1 dann starr innerhalb des Führungsmittels gemäß der zwei-
ten Ausbildung geführt, das derart ausgebildet ist, daß die
25 Dickkern-Faser 1 innerhalb des zweiten Führungsmittels w-
förmig verläuft. Aufgrund des w-förmigen Verlaufes durch-
läuft die Dickkern-Faser innerhalb des zweiten Führungsmit-
tels zumindest an den Punkten G und H (in Fig. 2 noch an
den Punkten F und I) einen Wendepunkt, an dem die gewünsch-
ten Modenmischungen zur Homogenisierung des Lichtstrahlpro-
30 fils besonders effektiv auftreten. Die Krümmungsradien der
runden Ecken des w-förmigen Verlaufes liegen dabei bevor-
zugt im Bereich zwischen dem 100fachen und dem 30fachen
Durchmesser der Dickkern-Faser, damit die erwünschten drei
35 Effekte erzielt werden können.

Zwischen den Punkten I und J verläuft die Dickkern-Faser 1 entlang eines Kreisbogenabschnitts dieses Führungsmittels mit einem Krümmungswinkel von 90° , dessen Krümmungsradius
5 kleiner als der erste Grenzwert zum Erzielen des gewünschten Effektes ist. Zum starren Koppeln der Dickkern-Faser 1 mit dem optischen Meßgerät P wird diese zwischen dem Punkt J und der Schnittstelle K zum optischen Meßgerät B2 in einem Versteifungsmittel geführt, das starr mit dem optischen
10 Meßgerät B2 und starr mit dem ersten Führungsmittel gekoppelt ist. Ferner sind die Gesamtlängen dieses Versteifungsmittels und des Führungsmittels wiederum so bemessen, daß Kippbewegungen der Faserstirnfläche am Austrittsende der Dickkern-Faser 1 in das optische Meßgerät P unterdrückt
15 werden.

Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel für die Anordnung eines Versteifungsmittels sowie eines Führungsmittels gemäß einer dritten Ausbildung zum gekrümmten Führen wenigstens eines Teilabschnitts einer Dickkern-Faser 1 am Faser-
20 austrittsende. Die Dickkern-Faser 1 verläuft bis zum Punkt F beispielsweise wiederum lose geführt in einem trittsicheren Schutzschlauch, vom Punkt F zum Punkt L in einem Kreisbogenabschnitt mit einem Krümmungswinkel von 90° des Führungsmittel gemäß der dritten Ausbildung (Krümmungsradius
25 kleiner als der erste Grenzwert), vom Punkt L zum Punkt M in einem Abschnitt des Führungsmittels, in dem die Dickkern-Faser 1 entlang eines anderthalbfachen Kreises (Krümmungsradius kleiner als der erste Grenzwert) starr geführt ist, vom Punkt M zum Punkt N wiederum in einem Kreis-
30 bogenabschnitt mit einem Krümmungswinkel von 90° des Führungsmittel gemäß der dritten Ausbildung (Krümmungsradius kleiner als der erste Grenzwert) und vom Punkt N zu einer Schnittstelle O an dem optischen Meßgerät B2 innerhalb ei-

nes Versteifungsmittels. Somit umfaßt der Verlauf der Dickkern-Faser 1 an den Punkten L und M Wendepunkte.

Die einzelnen Ausbildungen des Führungsmittels und das Versteifungsmittel können als tiefgezogene Bleche oder auch als gefräste Strukturen ausgebildet gefertigt sein.

Figur 4 zeigt eine schematische Ansicht eines Verbindungsmittels 2, das mit einem Versteifungsmittel 3 und der Dickkern-Faser 1 gekoppelt ist. Das Verbindungsmittel 2 kann beispielsweise ein handelsüblicher SMA-Stecker o.ä. sein, der an einem Faserende der Dickkern-Faser 1 angebracht ist. Ein geeigneter Stecker weist ein Steckergehäuse 4, das das Faserende der Dickkern-Faser 1 mittels einer Faserhalterung 5 sowie eine Linse 6 trägt, die zum Fokussieren des die Dickkern-Faser 1 verlassenden bzw. in diese eintretenden Lichtstrahls dient. Der Stecker 2 wird mittels eines Rändelrings 7 mit Innengewinde an einem Anschlußstutzen 8 mit Außengewinde an einem Gehäuse 9 des optischen Bauteils B bzw. P befestigt. An dem Austrittsende der Dickkern-Faser 1 aus dem Stecker 2 ist das Versteifungsmittel 3 starr mit dem Stecker 2 gekoppelt. Das Versteifungsmittel 3 bildet in dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel eine Baueinheit mit dem Stecker 2, ist also einstückig mit dem letzteren verbunden. Das Versteifungsmittel 3 ist ein starrer Körper mit einer Längsbohrung, deren Durchmesser dem Außendurchmesser der Dickkern-Faser so angepaßt ist, daß die Dickkern-Faser innerhalb der Längsbohrung verklemmt ist. Die Länge des Versteifungsmittels 3 ist so bemessen, daß Schwenkbewegungen der Dickkern-Faser am Austrittsende aus dem Versteifungsmittel 3 sich nicht bis hin zu Kippbewegungen der Faserstirnfläche übertragen.

Ansprüche:

1. Vorrichtung zum Übertragen von Licht über eine Lichtleitfaser (1) zwischen an einem Einkoppel- (C) und einem Auskoppelende (R; K; O) der Lichtleitfaser (1) vorgesehenen optischen Bauteilen (B1, B2) einer optischen Anordnung, welche ein Führungsmittel zum gekrümmten, starren Führen wenigstens eines ersten Teilabschnitts (PQ; IJ; FGHI; FL; LM; MN) der Lichtleitfaser (1) umfaßt, wobei der Krümmungsradius der gekrümmten Führung einen ersten Grenzwert unterschreitet, ab dem das Lichtstrahlprofil von der Lichtleitfaser (1) durch eine Modenmischung homogenisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleitfaser (1) eine Dickkern-Faser ist, und die Vorrichtung ferner ein mit dem Führungsmittel starr verbundenes Versteifungsmittel zum starren Führen eines zweiten Teilabschnitts (QR; JK; NO) der Dickkern-Faser (1) umfaßt, der sich an den ersten Teilabschnitt (PQ; FGHI; IJ; FL; LM; MN) anschließt und im wesentlichen bis zum optischen Bauteil (B2) am Auskoppelende (R; K; O) verläuft, wobei die Gesamtlänge des ersten und des zweiten Teilabschnitts insgesamt wenigstens so bemessen ist, daß das Auskoppelende (R; K; O) der Dickkern-Faser (1) mechanisch stabilisiert ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verbindungsmittel (2) an der Schnittstelle (C, R, K; O) zwischen der Dickkern-Faser (1) und dem optischen Bauteil (B1, B2) an dem Ein- (C) und/oder Auskoppelende (R; K; O) zum lösbaren Verbinden der Dickkern-Faser (1) mit dem jeweiligen optischen Bauteil (B1, B2) vorgesehen ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiteres Versteifungsmittel zum starren Führen eines dritten Teilabschnitts (CD) der Dickkern-Faser (1) vorgesehen ist, der bis zum optischen Bauteil (B1) am Einkoppelende (C) verläuft, wobei die Länge des dritten Teilabschnittes (CD) wenigstens so bemessen ist, daß das Einkoppelende (C) der Dickkern-Faser (1) stabilisiert ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das am Auskoppelende (R; K; O) und/oder Einkoppelende (C) vorgesehene Verbindungsmittel (2) mit dem jeweiligen Versteifungsmittel (3) starr gekoppelt ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungsmittel (2) und das Versteifungsmittel (3) als eine Baueinheit ausgebildet sind.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsmittel derart ausgebildet ist, daß der Teilabschnitt (DE; IJ; FL; MN) der Dickkern-Faser (1) entlang eines Kreisbogenabschnitts mit einem Krümmungswinkel im Bereich zwischen 45° und 90° verläuft.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsmittel derart ausgebildet ist, daß der Teilabschnitt (FGHI) der Dickkern-Faser (1) w-förmig verläuft.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsmittel derart ausgebildet ist, daß der Verlauf des Teilabschnitts (LM)

der Dickkern-Faser (1) einen im wesentlichen andert-halb-fachen Vollkreis vollführt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
5 daß das Führungsmittel ferner derart ausgebildet ist, daß der Verlauf der Dickkern-Faser (1) im Bereich des Eintritts (L) und/oder des Austritts (M) in den andert-halb-fachen Vollkreis einen Wendepunkt (L; M) umfaßt.
- 10
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsmittel derart ausgebildet ist, daß der Teilabschnitt (FL; MN) der Dickkern-Faser (1) im Anschluß an den jeweiligen Wendepunkt (L; M) noch entlang eines Kreisbogenabschnitts mit einem Krümmungswinkel zwischen 45° und 90° verläuft, dessen Krümmungsradius ebenfalls unter dem ersten Grenzwert
15 liegt.
- 20 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsmittel derart ausgebildet ist, daß der Teilabschnitt der Dickkern-Faser (1) einen Wendepunkt umfaßt.
- 25 12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Grenzwert im wesentlichen im Bereich zwischen dem 100fachen und dem 30fachen des Durchmessers der Dickkern-Faser liegt.
- 30 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des ersten Teilabschnitts (PQ; IJ; FGHI; FL; LM; MN) im wesentlichen im Bereich zwischen 10 cm und 100 cm liegt.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Gruppe bestehend aus den verschiedenen Ausbildungen des Führungsmittels und dem Versteifungsmittel (3) wenigstens zwei Mittel
5 starr miteinander gekoppelt sind.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die starr miteinander gekoppelten Führungsmittel bzw. Versteifungsmittel (3) als eine Baueinheit ausgebildet sind.
10
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Dickkern-Faser (1) größer als 500 Mikrometer ist.
15
17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Dickkern-Faser (1) zwischen den beiden optischen Bauteilen (B, P) im wesentlichen im Bereich von 50 cm bis 10 m, insbesondere im Bereich von 1 m und 3 m liegt.
20
18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ferner ein Schutzschlauch vorgesehen ist, in dem die Dickkern-Faser (1) über ihren übrigen Teilabschnitt (DP) lose geführt ist.
25
19. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungsmittel und/oder das Versteifungsmittel (3) als tiefgezogene
30 Bleche und/oder gefräste Baueinheit ausgebildet sind.
20. Verfahren zum Übertragen von Licht über eine Lichtleitfaser (1) zwischen an einem Einkoppel- (C) und einem Auskoppelende (R; K; O) der Lichtleitfaser (1)
35 vorgesehenen optischen Bauteilen (B1, B2) einer opti-

5 schen Anordnung, bei welchem das Licht durch einen gekrümmten, starr geführten Teilabschnitt (PQ; FGHI; IJ; FL; LM; MN) der Lichtleitfaser (1) übertragen wird, wobei der Krümmungsradius des ersten Teilabschnitts (PQ; FGHI; IJ; FL; LM; MN) einen ersten Grenzwert unterschreitet, ab dem das Lichtstrahlprofil von der Lichtleitfaser (1) durch eine Modenmischung homogenisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleitfaser (1) eine Dickkern-Faser ist und daß das Licht
10 vom ersten Teilabschnitt (PQ; FGHI; FL; LM; MN) bis im wesentlichen zum Auskoppelende (R; K; O) der Dickkern-Faser (1) durch einen zweiten starr geführten Teilabschnitt (QR; JK; NO) der Dickkern-Faser (1) übertragen wird, wobei die Gesamtlänge vom ersten und zweiten
15 Teilabschnitt wenigstens so bemessen ist, daß das Auskoppelende (R; K; O) der Dickkern-Faser (1) mechanisch stabilisiert ist.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet,
20 daß das Licht ferner unmittelbar vor der Schnittstelle (C) zum optischen Bauteil (B1) am Einkoppelende (C) durch einen starr geführten Teilabschnitt (CD; JK; NO) der Dickkern-Faser (1) übertragen wird, wobei die Länge dieses Teilabschnitts (CD) wenigstens so bemessen
25 ist, daß das Einkoppelende (C) der Dickkern-Faser (1) stabilisiert ist.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht durch einen w-förmigen Teilabschnitt (FGHIJ) der Dickkern-Faser (1) übertragen
30 wird.

23. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht durch einen einen anderthalb-

fachen Vollkreis beschreibenden Teilabschnitt (LM) der Dickkern-Faser (1) übertragen wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht durch einen Teilabschnitt (FLMN) der Dickkern-Faser (1) übertragen wird, dessen Verlauf einen Wendepunkt (L; M) umfaßt.
25. Vorrichtung zum Übertragen von Licht über eine Lichtleitfaser (1) von einem Einkoppelende (C) zu einem Auskoppelende (R; K; O) der Lichtleitfaser (1), welche ein Führungsmittel zum gekrümmten, starren Führen eines Abschnitts (PQ; IJ; FGHI; FL; LM; MN) der Lichtleitfaser (1) umfaßt, wobei der Krümmungsradius der gekrümmten Führung einen ersten Grenzwert unterschreitet, ab dem das Lichtstrahlprofil von der Lichtleitfaser (1) durch eine Modenmischung homogenisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleitfaser (1) eine Dickkern-Faser ist und das Führungsmittel am Auskoppelende (R; K; O) angeordnet sowie derart ausgestaltet ist, daß das Auskoppelende (R; K; O) der Dickkern-Faser (1) mechanisch stabilisiert ist.

1 / 2

FIG. 1

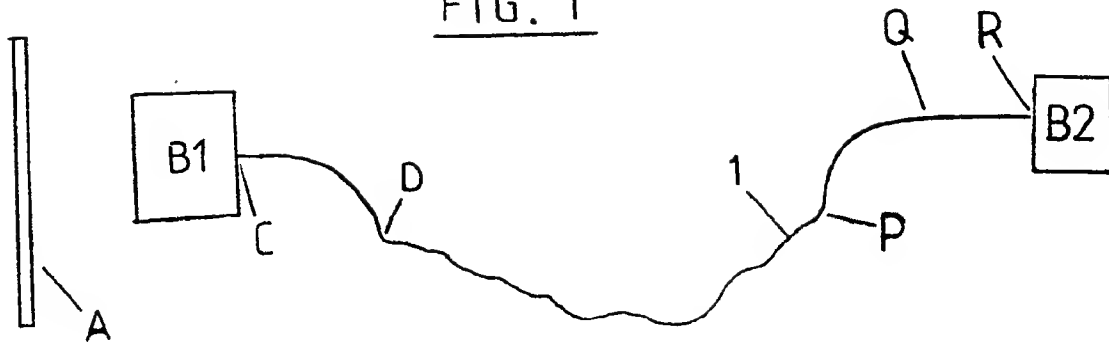


FIG. 2

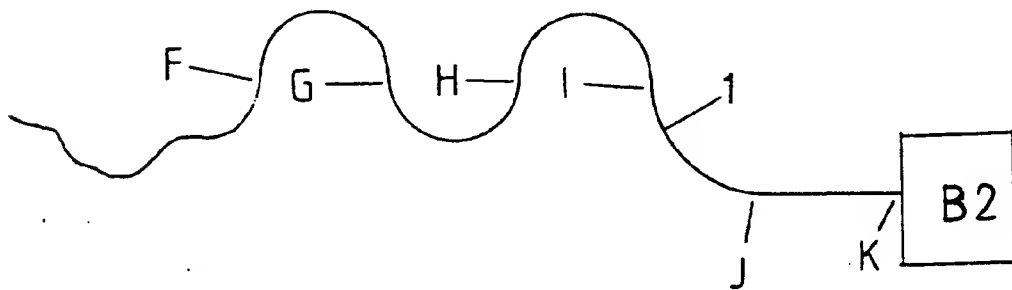
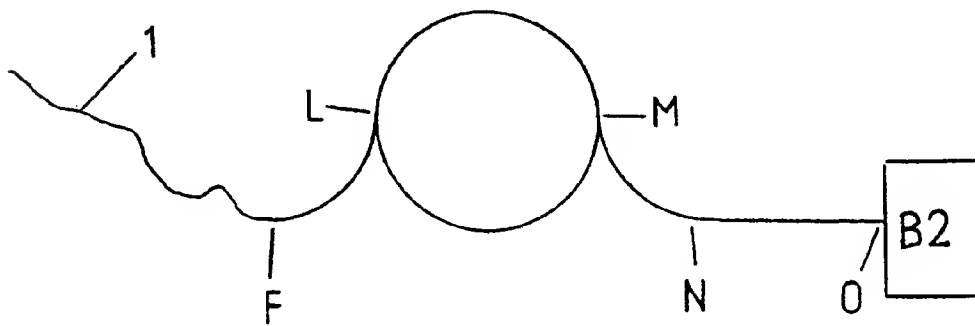
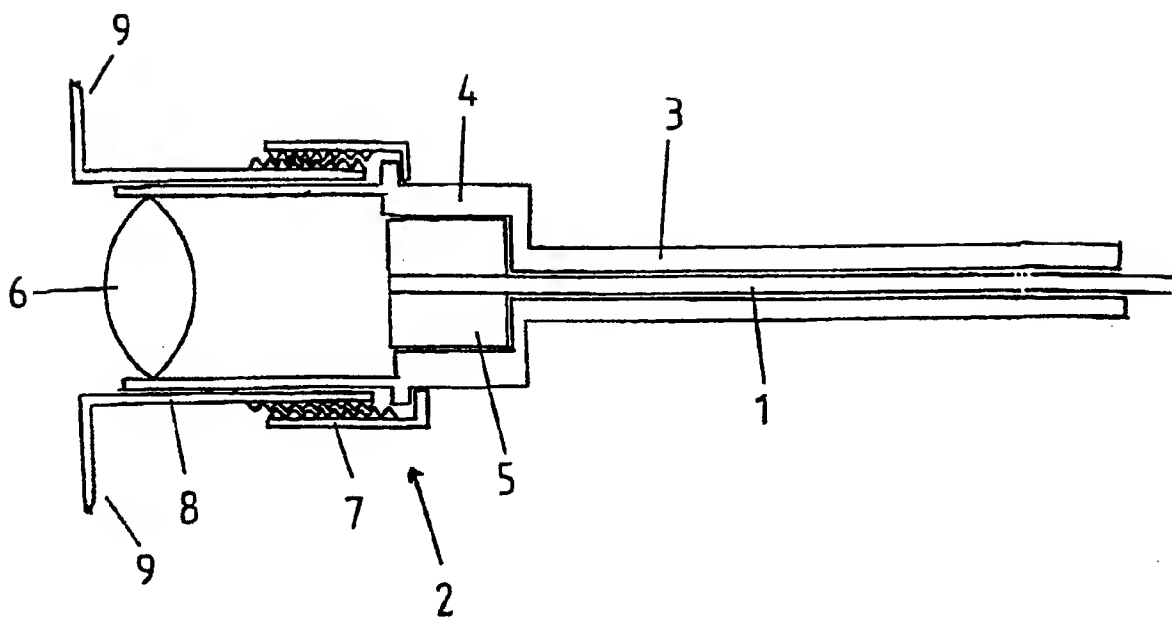


FIG. 3



2 / 2

FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 01/05037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B6/28 G02B6/42 G02B6/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97 18920 A (NAT INST OF TECHNOLOGY AND QUA ;HONG JONG HEE (KR); PHARK JUNG WOO) 29 May 1997 (1997-05-29) abstract; figures 1,2,8 page 3, line 21 - line 25 page 6, line 25 -page 7, line 9	1, 20, 25
X	WO 97 10524 A (MINCO AB ;KRILL PAUL (SE)) 20 March 1997 (1997-03-20) abstract; figure 1 page 3, line 6 - line 12 page 3, line 34 -page 4, line 1 page 4, line 12 - line 29	1, 20, 25
A	US 4 981 333 A (HAYES JAMES E) 1 January 1991 (1991-01-01) abstract; figures 5,7 column 4, line 30 - line 50	1-25



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 September 2001

Date of mailing of the international search report

17/09/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jakoher, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/05037

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 932 748 A (RICCIARDELLI ROBERT H) 12 June 1990 (1990-06-12) the whole document ----	1-25
A	GB 1 420 458 A (POST OFFICE) 7 January 1976 (1976-01-07) figures 1-4 page 1, line 48 -page 2, line 24 ----	1-25
A	US 5 470 330 A (WARDLE JOHN ET AL) 28 November 1995 (1995-11-28) abstract; figure 3A -----	1-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/05037

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9718920	A	29-05-1997	KR 163404 B DE 19681657 T GB 2323451 A,B JP 11500541 T JP 3075571 B US 6130970 A	15-04-1999 26-11-1998 23-09-1998 12-01-1999 14-08-2000 10-10-2000
WO 9710524	A	20-03-1997	SE 505708 C EP 0850429 A SE 9503140 A US 6122425 A	29-09-1997 01-07-1998 12-03-1997 19-09-2000
US 4981333	A	01-01-1991	NONE	
US 4932748	A	12-06-1990	US 4877305 A	31-10-1989
GB 1420458	A	07-01-1976	AU 6756074 A CA 1023804 A DE 2418534 A FR 2226675 A JP 50031832 A NL 7405171 A	09-10-1975 03-01-1978 31-10-1974 15-11-1974 28-03-1975 22-10-1974
US 5470330	A	28-11-1995	US 5188632 A US 4830460 A US 4799754 A US 4732448 A US 4641912 A EP 0525184 A WO 9214515 A US 5989243 A DE 351240 T EP 0351240 A JP 2077246 A AT 109900 T CA 1263450 A DE 3587902 D DE 3587902 T EP 0207960 A JP 7095131 B JP 62501453 T WO 8603598 A	23-02-1993 16-05-1989 24-01-1989 22-03-1988 10-02-1987 03-02-1993 03-09-1992 23-11-1999 26-09-1991 17-01-1990 16-03-1990 15-08-1994 28-11-1989 15-09-1994 22-12-1994 14-01-1987 11-10-1995 11-06-1987 19-06-1986

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/05037

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G02B6/28 G02B6/42 G02B6/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 97 18920 A (NAT INST OF TECHNOLOGY AND QUA ; HONG JONG HEE (KR); PHARK JUNG WOO) 29. Mai 1997 (1997-05-29) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,8 Seite 3, Zeile 21 - Zeile 25 Seite 6, Zeile 25 - Seite 7, Zeile 9 ---	1,20,25
X	WO 97 10524 A (MINCO AB ; KRILL PAUL (SE)) 20. März 1997 (1997-03-20) Zusammenfassung; Abbildung 1 Seite 3, Zeile 6 - Zeile 12 Seite 3, Zeile 34 - Seite 4, Zeile 1 Seite 4, Zeile 12 - Zeile 29 ---	1,20,25
A	US 4 981 333 A (HAYES JAMES E) 1. Januar 1991 (1991-01-01) Zusammenfassung; Abbildungen 5,7 Spalte 4, Zeile 30 - Zeile 50 ---	1-25
	--- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgetüht)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. September 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/09/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jakober, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/05037

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 932 748 A (RICCIARDELLI ROBERT H) 12. Juni 1990 (1990-06-12) das ganze Dokument ----	1-25
A	GB 1 420 458 A (POST OFFICE) 7. Januar 1976 (1976-01-07) Abbildungen 1-4 Seite 1, Zeile 48 -Seite 2, Zeile 24 ----	1-25
A	US 5 470 330 A (WARDLE JOHN ET AL) 28. November 1995 (1995-11-28) Zusammenfassung; Abbildung 3A -----	1-25

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/05037

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9718920 A	29-05-1997	KR 163404 B DE 19681657 T GB 2323451 A, B JP 11500541 T JP 3075571 B US 6130970 A	15-04-1999 26-11-1998 23-09-1998 12-01-1999 14-08-2000 10-10-2000
WO 9710524 A	20-03-1997	SE 505708 C EP 0850429 A SE 9503140 A US 6122425 A	29-09-1997 01-07-1998 12-03-1997 19-09-2000
US 4981333 A	01-01-1991	KEINE	
US 4932748 A	12-06-1990	US 4877305 A	31-10-1989
GB 1420458 A	07-01-1976	AU 6756074 A CA 1023804 A DE 2418534 A FR 2226675 A JP 50031832 A NL 7405171 A	09-10-1975 03-01-1978 31-10-1974 15-11-1974 28-03-1975 22-10-1974
US 5470330 A	28-11-1995	US 5188632 A US 4830460 A US 4799754 A US 4732448 A US 4641912 A EP 0525184 A WO 9214515 A US 5989243 A DE 351240 T EP 0351240 A JP 2077246 A AT 109900 T CA 1263450 A DE 3587902 D DE 3587902 T EP 0207960 A JP 7095131 B JP 62501453 T WO 8603598 A	23-02-1993 16-05-1989 24-01-1989 22-03-1988 10-02-1987 03-02-1993 03-09-1992 23-11-1999 26-09-1991 17-01-1990 16-03-1990 15-08-1994 28-11-1989 15-09-1994 22-12-1994 14-01-1987 11-10-1995 11-06-1987 19-06-1986

